

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-28174  
(P2003-28174A)

(43) 公開日 平成15年1月29日 (2003.1.29)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト* (参考)
F 1 6 C 33/66	Z A B	F 1 6 C 33/66	Z A B A 3 C 0 1 1
B 2 3 Q 11/12		B 2 3 Q 11/12	E 3 J 1 0 1
C 1 0 M 125/02		C 1 0 M 125/02	4 H 1 0 4
F 1 6 C 19/02		F 1 6 C 19/02	
// C 1 0 N 20:06		C 1 0 N 20:06	Z

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-218263(P2001-218263)

(22) 出願日 平成13年7月18日 (2001.7.18)

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社  
東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 宮島 裕俊  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

(72) 発明者 縄本 大綱  
神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

(74) 代理人 100105647  
弁理士 小栗 昌平 (外4名)

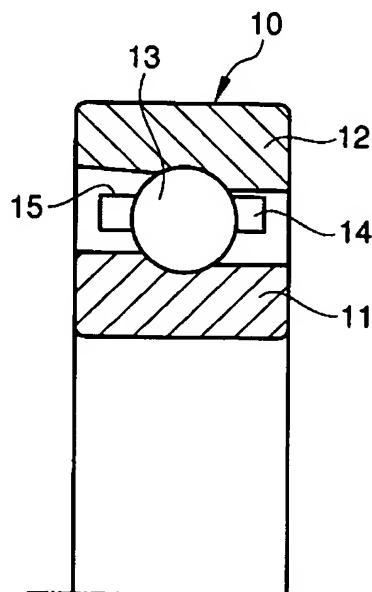
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 転がり軸受

(57) 【要約】

【課題】 高速回転に充分に対応でき、工作機械のコンバクト化や運転経費の削減を可能にする転がり軸受を提供する。

【解決手段】 内輪12と外輪11との間に、複数のセラミック転動体13を保持器14により転動自在に保持してなり、かつピュアダイヤモンドと、ダイヤモンドライクカーボンと、アモルファスカーボンとを含む微粒子を含有するグリースを封入したことを特徴とする転がり軸受10。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内輪と外輪との間に、複数の転動体を保持器により転動自在に保持してなり、かつビュアダイヤモンドと、ダイヤモンドライクカーボンと、アモルファスカーボンとを含む微粒子を含有するグリースを封入したことを特徴とする転がり軸受。

【請求項2】 前記微粒子の含有量が、グリース全量の2～7質量%であることを特徴とする請求項1記載の転がり軸受。

【請求項3】 前記微粒子の平均粒径が、40nm以下であることを特徴とする請求項1または2に記載の転がり軸受。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は転がり軸受に関し、より詳細には、例えば旋盤、ボール盤、中ぐり盤、フライス盤、研削盤、ホーニング盤、超仕上盤、ラップ盤等で代表される、高速で摺動、回転する工作機械の主軸支持部等に好適に組み込まれる転がり軸受に関する。

## 【0002】

【従来の技術】上記に挙げたような工作機械のスピンダルには、主軸支持用に通常転がり軸受が組み込まれており、一般にアンギュラ玉軸受や円筒ころ軸受等が組み合わされて使用されている。工作機械の加工精度や生産性は主軸の回転速度に依存するところが多く、生産性を高めるためには主軸の回転速度の高速化を図らなければならない。しかし、転がり軸受を高速回転下で使用すると、軸受の発熱が顕著化したり、遠心力により転動体と内外輪との間の接触面圧が増大するため、スピンドルの使用条件は著しく悪化し、結果として、摩擦や焼付き等に代表される軸受損傷の危険性が高まる。また、高速回転により発熱も大きくなることから、工作機械の熱変形が起こる危険性もあり、加工精度への影響もある。

【0003】このような軸受システムに致命的な事態を発生させないため、また工作機械全体の熱変形による加工精度の低下を避けるためにも、高速回転下においては適切な潤滑方式を選択して主軸支持用転がり軸受における発熱を極力抑えなければならない。従来では、高速回転する工作機械の主軸支持用転がり軸受の潤滑には、潤滑油供給に伴う冷却効果が得られることから、オイルエア潤滑法、ノズルジェット潤滑法、アンダーレース潤滑法が採用されている。しかし、これらの潤滑方式では、潤滑油供給装置の導入が不可欠であるため、必然的にそのための設置面積が確保されなければならない、工作機械全体のコンパクト化を妨げてしまう。また、これらの潤滑方式では、潤滑油を継続的に消費し、しかも潤滑油供給装置の運転経費も必要であるため、工作機械全体としての運転経費が大きくなる。運転経費の削減のために種々の対策が講じられているが、ほぼ限界に達している状況にある。

【0004】軸受の潤滑方式としてグリースを封入する方式も一般的であるが、グリースの剪断に起因する軸受発熱が大きく、上記オイルエア潤滑法等に比べて軸受耐久性に対する信頼性も低いことから、高速回転を伴う工作機械の主軸支持用転がり軸受には本質的に不向きな潤滑方式である。しかしながら、グリース潤滑が実現できれば、潤滑油を継続供給する上記各潤滑方式では対応できない工作機械のコンパクト化や運転経費の削減等のメリットを享受することができる。また、グリース潤滑は、オイルエア潤滑方式等と異なり、多量に潤滑油を消費しないため、環境保全に寄与するという利点も有する。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、例えばd m n 100万以上という高速回転に充分に対応でき、工作機械のコンパクト化や運転経費の削減を可能にする転がり軸受を提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明に係る上記目的は、内輪と外輪との間に、複数の転動体を保持器により転動自在に保持してなり、かつビュアダイヤモンドと、ダイヤモンドライクカーボンと、アモルファスカーボンとを含む微粒子を含有するグリースを封入したことを特徴とする転がり軸受により達成される。

【0007】特に、前記微粒子の含有量をグリース全量の2～7質量%とすること、並びに前記微粒子の平均粒径を40nm以下とすることが好ましい。

## 【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明に関して詳細に説明する。

【0009】本発明の転がり軸受は、構造的には特に制限されるものではなく、例えば図1に示されるアンギュラ玉軸受10を例示することができる。図示されるアンギュラ玉軸受10は、外輪11と内輪12との間に、複数の玉13を保持器14により転動自在に保持して構成される。また、玉13は、窒化珪素や炭化珪素等のセラミック製とすることもできる。

【0010】本発明においては、外輪11、内輪12及び玉13で形成される軸受空間には、下記に示す特定のグリースが封入される。

【0011】封入グリースにおいて、基油および増ちょう剤は特に制限されるものではない。基油としては、例えば鉱油系や合成油系の各潤滑油等が挙げられる。鉱油系潤滑油としては、鉱油を減圧蒸留、油剤脱れき、溶剤抽出、水素化分解、溶剤脱ろう、硫酸洗浄、白土精製、水素化精製等を、適宜組み合わせて精製したものを用いることができる。前記合成油系潤滑基油としては、炭化水素系油、芳香族基油、エステル系油、エーテル系油等が挙げられる。前記炭化水素系油としては、ノルマルバ

ラフィン、イソパラフィン、ポリブテン、ポリイソブチレン、1-デセンオリゴマー、1-デセンとエチレンコオリゴマー等のポリ- $\alpha$ -オレフィン等が挙げられる。前記芳香族系油としては、モノアルキルナフタレン、ジアルキルナフタレン、ポリアルキルナフタレン等のアルキルナフタレン油等が挙げられる。前記エステル系油としては、ジブチルセバケート、ジ-2-エチルヘキシルセバケート、ジオクチルアジベート、ジイソデシルアジベート、ジトリデシルアジベート、ジトリデシルタレート、メチル・アセチルシノレート等のジエステル油、トリオクチルトリメリテート、トリデシルトリメリテート、テトラオクチルピロメリテート等の芳香族エステル油、トリメチロールプロパンカプリレート、トリメチロールプロパンベラルゴネート、ペンタエリスリトール-2-エチルヘキサノエート、ペンタエリスリトールベラルゴネート等のポリオールエステル油、炭酸エステル油等が挙げられる。前記エーテル系油としては、ポリエチレングリコール、ポリプロピレングリコール、ポリエチレングリコールモノエーテル、ポリプロピレングリコールモノエーテル等のポリグリコール、あるいはモノアルキルトリフェニルエーテル、アルキルジフェニルエーテル、ジアルキルジフェニルエーテル、ペンタフェニルエーテル、テトラフェニルエーテル、モノアルキルテトラフェニルエーテル、ジアルキルテトラフェニルエーテル等のフェニルエーテル油等が挙げられる。これらの基油は、単独または混合物として用いることができる。

【0012】また、増ちょう剤としては、Li, Na, Ba, Ca, Al等から選択される複合金属石けん等の金属石けん類、ベントン、シリカゲル、ウレア化合物、ウレア・ウレタン化合物、ウレタン化合物等の非石けん類を適宜選択して使用できるが、グリースの耐熱性を考慮するとウレア化合物、ウレア・ウレタン化合物、ウレタン化合物または、これらの混合物が好ましい。耐熱性能や音響特性を考慮すると、ジウレア化合物が特に好ましい。また、高速回転用途としては、バリウム複合石けんが特に望ましく、グリースを形成するのに必要な増ちょう剤の量が他の種類のものに比べ比較的多い（グリース全量の約30重量%）ため基油の保持性能が良く、高速回転下においても適度の離油特性を持つ。そのため、回転中に離油した油で軸受外輪部に付着したグリースを洗い流してしまうこともなく、軸受内部に多くのグリースを留めておくことができる。また、増ちょう剤の量は、上記基油との間でグリースを形成し得る量であれば特に制限はなく、グリース組成物全量の10~30重量%が一般的である。

【0013】本発明においては、上記ベースグリースに、ビュアダイヤモンドと、ダイヤモンドライクカーボンと、アモルファスカーボンとを含む微粒子を添加する。この微粒子は、図2に模式的に示すように、ダイヤモンドライクカーボンで覆われたビュアダイヤモンドが

複数個集合し、全体がアモルファスカーボンで包囲されて一つの粒子を構成しているものであり、以降の説明では「クラスターダイヤモンド」という。

【0014】二硫化モリブデンやグラファイト、ポリテトラフルオロエチレン等の固体潤滑剤は、自身が層状にへき開して潤滑作用を発現するため、柔らかく、相手材との接触により削られやすい。これに対してクラスターダイヤモンドは硬度が高く、削られ難いことから、金属表面、あるいはセラミック軸受においてはセラミックス表面の微小凹部に入り込んで表面硬度を高め、耐アブレーション性を向上させる。

【0015】また、クラスターダイヤモンドは、摩擦係数が二硫化モリブデンやグラファイト、ポリテトラフルオロエチレン等の固体潤滑剤と比較して小さいため（約0.07~0.09）、これらの固体潤滑剤を用いた場合よりもマイクロベアリング機能が高く、摩擦抵抗を低減させる。そのため、特に金属軸受の場合、金属同士が直接接触して起こる凝着摩耗をより確実に防止することができる。

【0016】上記のような作用をより効果的に発現させるためには、クラスターダイヤモンドの平均粒径が40nm以下であることが好ましい。このような超微粒子の形態を採ることにより、金属表面やセラミックス表面の微小凹部や摩擦面間に入り込み易くなり、表面の高硬度化及び摩擦抵抗の低減をより促進することができる。また、超微粒子とすることにより、研磨研削作用がほとんど無くなり、軸受の転走面を傷つけることもなくなる。

【0017】これに対し、クラスターダイヤモンドの粒径が大きくなるほど、金属やセラミックス表面の微小凹部や摩擦面間に侵入し難くなり、クラスターダイヤモンドが有する上記効果が発揮され難くなる。また、クラスターダイヤモンドの粒径が大きくなると、摩擦面間でのクラスターダイヤモンドの剪断発熱が顕著になり、摩擦低減効果が発揮され難くなることとの相乗効果から、耐久性に悪影響を及ぼすおそれがある。

【0018】尚、クラスターダイヤモンドの粒径の下限は、特に制限されるものではないが、余り微小すぎるとグリース中への分散性が困難になるため、均一分散が維持できる範囲で適宜選択する。

【0019】また、クラスターダイヤモンドの含有量は、グリース全量の2~7質量%が好ましく、より好ましくは3~5質量%、最も好ましくは3~4質量%である。含有量が2質量%未満では、上記した表面の高硬度化や摩擦低減効果が十分に発揮されず、高速回転領域における耐久性が十分でなくなる。

【0020】一方、含有量が7質量%を超える場合は、増分に見合う効果の向上が見られず、また相対的に他の成分の含有量が少なくなり、潤滑性能等に支障をきたす可能性がある。また、クラスターダイヤモンドが2次凝集を起こすようになり、グリース中での分散性が悪くな

り、回転性能に悪影響を及ぼす。更には、摩擦面間におけるクラスターダイヤモンドの剪断発熱が大きくなり、潤滑剤の耐荷重性能が低下して高速回転に耐えることができなくなる。

【0021】上記グリースには、必要に応じて酸化防止剤、防錆剤、油性剤、極圧剤等を添加してもよい。これらは何れも公知のもので構わない。これらの添加剤の含有量は、個別にはグリース全量の0.05質量%以上、合計量でグリース全量の0.15~10質量%の範囲となることが好ましい。特に、合計量で10質量%を超える場合は、含有量の増加に見合う効果が期待できないばかりか、相対的に他の成分の含有量が少なくなり、またグリース中でこれら添加剤が凝集し、トルク上昇等の好ましくない現象を招くこともある。

【0022】

【実施例】以下、試験例を挙げて本発明を更に説明するが、本発明はこれにより何ら制限されるものではない。

【0023】(試験-1:軸受耐久寿命試験)工作機械用アンギュラ玉軸受(内径65mm、外径100mm、幅18mm、窒化珪素球)に、グリースを2.3g(軸受空間容積の15%占有)封入して試験軸受を作製した。尚、グリースは、40℃における動粘度が20mm<sup>2</sup>/sのエステル油に、バリウム複合石けんを30重量%の割合で配合したベースグリース、並びにこのベースグリースに添加量を変えてクラスターダイヤモンド(東洋ドライループ(株)製「LUBDIA」;平均粒径15nm)を配合して調製したものを使用した。また、何れのグリースも、混和ちょう度が280となるように増ちょう剤量を調整した。

【0024】そして、各試験軸受について、図3に示す試験装置を用い、軸受耐久試験を行った。図示される試験装置は、背面組み合わせに配設した2つの試験軸受20で主軸6を支承し、主軸6が図示しないモータ及び変速機を介して回転駆動されるスピンドル構造となっている。また、試験装置本体24の軸方向の略中央部であって両試験軸受20の中間位置には、半径方向の潤滑剤供給のための貫通孔が設けられており、これにオイルエアノズル21が挿入されている、このオイルエアノズル21は、グリースニッブルと置き換え可能な構造となっている。また、試験装置本体24には、軸受20の設定空間内の空気を排気するための排気路23が設けられている。更に、試験装置本体24には、熱電対25が、その検知部を試験軸受20の外輪20aと当接させて設置されている。

【0025】試験は、雰囲気温度20℃、予圧98N、dmn140万の条件にて、軸受が焼き付きに至るまでの時間を測定し、軸受耐久寿命を評価した。結果を図4に、クラスターダイヤモンド無添加のベースグリースを封入した試験軸受の寿命に対する相対値で示すが、クラスターダイヤモンドを2質量%以上含有させることによ

り、耐久寿命の改善に効果が現れることがわかる。特に、3~5質量%の範囲が最も効果的である。また、含有量が5質量%を超えると、耐久寿命の改善効果が徐々に弱まる傾向にあり、7質量%を超えると耐久寿命の改善効果が極く僅かになる。これは、含有量が増加するのに伴ってクラスターダイヤモンドが2次凝集を起こすようになり、グリース中での分散性が低下するためであると考えられる。

【0026】(試験-2:軸受最高回転速度測定)上記試験-1と同様にして、クラスターダイヤモンドの含有量の異なるグリースを封入して試験軸受を作製し、クラスターダイヤモンドの含有量と軸受最高回転速度との関係を調べた。試験は図3に示す試験装置を用いて行い、雰囲気温度20℃、予圧98Nの条件でスピンドルの回転速度を500rpmずつ段階的に上昇させ、各回転速度で50時間放置し、50時間耐久し得なくなったときの回転速度を最高回転速度として求めた。結果を図5に、クラスターダイヤモンド無添加のベースグリースを封入した試験軸受の最高回転速度に対する相対値で示すが、クラスターダイヤモンドを2質量%以上含有させた場合に回転速度を高める効果が現れている。特に、3~4質量%の範囲が最も効果的である。また、含有量が4質量%を超えると、最高回転速度が徐々に低下する傾向にあるが、これは、含有量が増加するのに伴って摩擦面間でのクラスターダイヤモンドの剪断による発熱が大きくなり、潤滑剤の耐荷重性能が低下するためであると考えられる。

【0027】(試験-3:クラスターダイヤモンド粒径の検証)工作機械用アンギュラ玉軸受(内径65mm、外径100mm、幅18mm、窒化珪素球)に、グリースを2.3g(軸受空間容積の15%占有)封入して試験軸受を作製した。尚、グリースは、40℃における動粘度が20mm<sup>2</sup>/sのエステル油に、バリウム複合石けんを30重量%の割合で配合したベースグリース、並びにこのベースグリースに平均粒径の異なるクラスターダイヤモンドを3質量%の割合で配合して調製したものを使用した。また、何れのグリースも、混和ちょう度が280となるように増ちょう剤量を調整した。

【0028】そして、図3に示す試験装置を用いて、雰囲気温度20℃、予圧98N、dmn140万の条件にて試験軸受を回転させて軸受外輪温度を測定した。尚、軸受外輪温度は、所定回転速度に達した後、十分な時間(約2時間)放置して外輪温度が変化しなくなった時点で測定した。結果を図6に、クラスターダイヤモンド無添加のベースグリースを封入した試験軸受の寿命に対する相対値で示すが、クラスターダイヤモンドの平均粒径が40nm以下であれば、回転に伴う発熱が少なく、良好な回転を実現できることがわかる。粒径が40nmを超えるクラスターダイヤモンドを使用した場合、摩擦面において研磨剤としての機能が発現し、それに随伴して

発熱が生じる。また、摩擦面間におけるクラスターダイヤモンド自身の剪断による発熱も著しくなる。以上2つの現象の相乗効果により軸受の発熱低減効果は失われる。

【0029】以上の各試験結果から、本発明に使用されるグリースにおける、クラスターダイヤモンドの含有量及び平均粒径の好ましい範囲を示すと、図7のようになる。即ち、クラスターダイヤモンドの平均粒径は40nm以下であり、含有量は2～7質量%、好ましくは3～5質量%、最も好ましくは3～4質量%であり、この範囲を満足するようにクラスターダイヤモンドをグリースに添加することにより、特に高速回転で使用されるような転がり軸受の耐久寿命を改善することが可能になる。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、クラスターダイヤモンドを含有するグリースを封入した転がり軸受は、高速回転下での軸受寿命の向上と発熱の抑制とが可能になり、旋盤、ボール盤、中ぐり盤、フライス盤、研削盤、ホーニング盤、超仕上盤、ラップ盤等の高速で摺動、回転する工作機械の主軸支持部に組み込まれる転がり軸受として好適である。しかも、オイルエア潤滑法等のように潤滑油を連続して供給する方式と異なり、グリースを封入して使用できるため、運転コストの削減、省スペース化も可能になる。

\*【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る転がり軸受の一実施形態であるアンギュラ玉軸受を示す断面図である。

【図2】クラスターダイヤモンドを示す模式図である。

【図3】試験に用いた装置の構成を示す断面図である。

【図4】試験-1で得られた、グリース中のクラスターダイヤモンドの含有量と軸受耐久寿命との関係を示すグラフである。

【図5】試験-2で得られた、グリース中のクラスターダイヤモンドの含有量と軸受最高回転速度との関係を示すグラフである。

【図6】試験-3で得られた、クラスターダイヤモンドの平均粒径と軸受外輪温度との関係を示すグラフである。

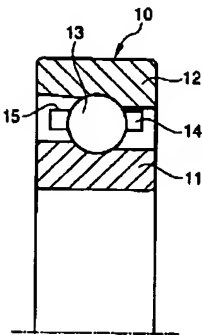
【図7】本発明で使用するグリースのクラスターダイヤモンドの含有量及び平均粒径の好ましい範囲を示すグラフである。

【符号の説明】

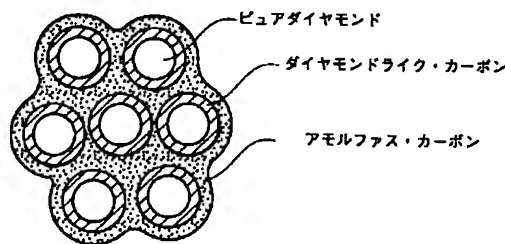
- 10 アンギュラ玉軸受
- 11 外輪
- 12 内輪
- 13 玉
- 14 保持器

\*

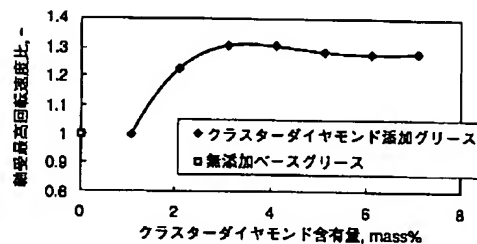
【図1】



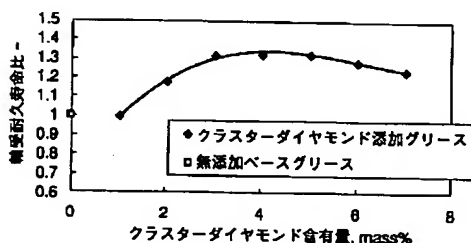
【図2】



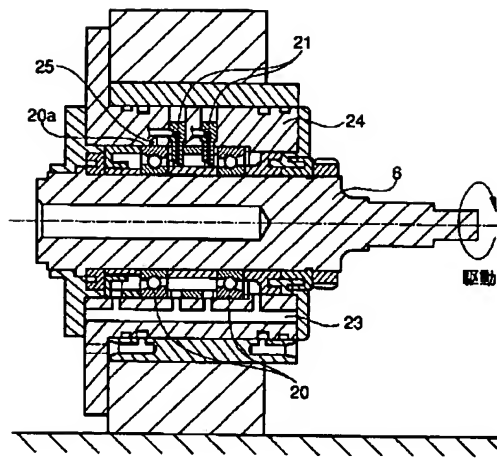
【図5】



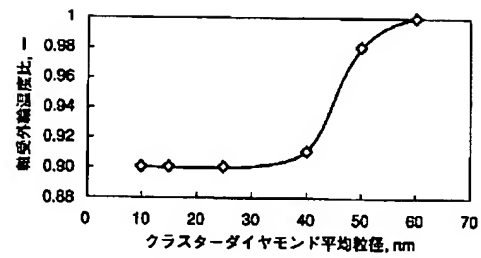
【図4】



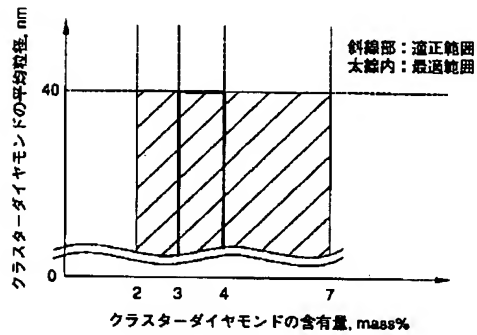
【図3】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

C10N 30:00  
40:02  
50:10

識別記号

F I

C10N 30:00  
40:02  
50:10

テーマコード(参考)

Z

Fターム(参考) 3C011 FF06

3J101 AA01 AA32 AA52 AA62 EA64  
FA06 FA32 FA48 FA53 GA31  
4H104 AA04C AA22B AA24B BB17B  
BE13B BE16B DA02A EA08C  
EB02 FA01 FA02 FA03 LA20  
PA01 QA18